This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
45 0171 7011

DAS

OPHTHALMOPHANTOM

UND

DER AUGENSPIEGEL ALS OPTOMETER.

VON

Dr. **FRANZ MOHR,**
KÖNIGL. BAYER. BATAILLONSARZT.

WÜRZBURG 1870.
COMMISSIONSVERLAG DER STAHEL'SCHEN BUCH- & KUNSTHANDLUNG.

Q83
M69
1870

LANE

MEDICAL LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

DAS

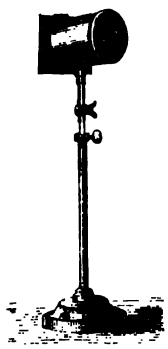
OPHTHALMOPHANTOM

UND

DER AUGENSPIEGEL ALS OPTOMETER.

VON

Dr. **FRANZ MOHR,**
KÖNIGL. BAYER. BATAILLONSARZT.



WÜRZBURG 1870.
COMMISSIONSVERLAG DER STAHEL'SCHEN BUCH- & KUNSTHANDLUNG.

LANE LIBRARY

Druck der Stahel'schen Buchdruckerei.

69
370

In Nachstehendem übergebe ich den Herrn Collegen die Beschreibung eines von mir erfundenen Apparats *„Zur Erlernung der Ophthalmoscopie und zur Uebung im Gebrauche des Augenspiegels als Optometer“* nebst einer kurzen Beschreibung der Refractionsanomalien der Augen und des zu ihrer objektiven Bestimmung einzuhaltenden Verfahrens, wie solches seit einigen Jahren im hiesigen Militärkrankenhause mit bestem Erfolge geübt wird.

Wie schwierig die Handhabung des Augenspiegels, das Auffinden und Festhalten der richtigen Beleuchtung des Augenhintergrundes, das Ausserachtlassen des störenden Hornhautreflexes u. s. w. anfangs dem Lernenden wird, wie wenig ermunternd die vielfachen vergeblichen Untersuchungsversuche für denselben, wie peinlich sie für den Untersuchten sind, wie selten und schwierig passende Fälle sich finden lassen, weiss gewiss Jeder, der diese Schule durchzumachen hatte.

Um so sicherer hoffe ich, dass der neue Apparat, welcher diesen bisher so beschwerlichen Weg ebnet und mit Leichtigkeit zur Erlernung einer der schönsten und lohnendsten medicinischen Kunstfertigkeiten führt, nicht unbeachtet wird gelassen werden.

3490

Eine möglichst kurze Darstellung der *vereinf* Methode, „mit Hilfe des Augenspiegels Refractionsbes ungen der Augen vorzunehmen," habe ich angefügt, d die Gelegenheit nicht ungenützt vergehen lassen w dieser bis jetzt leider so wenig beachteten Verwe des Ophthalmoscops auch in weiteren Kreisen neue Fr zu gewinnen.

Würzburg, 1870.

Dr. **Mohr.**

Eine der glänzendsten Errungenschaften der Neuzeit im Gebiete physikalischen Untersuchungstechnik ist unstreitig das *Ophthalscop*, welches in der Augenheilkunde, man kann sagen, eine neue ra begründete, indem es nicht allein für die Diagnose und Therapie Erkrankungen tieferer Augengebilde von entscheidendem Einflusse sondern auch für eine genaue Ergründung der Refractionszustände zur Aufdeckung der mit ihrem Abweichen von der Norm verdenen Sehstörungen eine ganz besondere Wichtigkeit hat.

Allein trotz aller dieser Vorzüge konnte dieses herrliche Instrunt nicht Gemeingut der Aerzte, nicht einmal der jüngeren Genetion derselben werden, und forschen wir den Ursachen nach, worin se auffallende Thatsache ihre Begründung findet, so erkennen wir die hauptsächlichste wohl die Schwierigkeiten, welche bei den ten Anfängen von Jedem zu überwinden sind; welche Schwierigiten oft alle Lust zur Fortsetzung der Uebung benehmen, wenn gross genug erscheinen, um als unübersteiglich zu imponiren.

Allerdings müssen verschiedene Umstände günstig zusammenreffen, um den Neuling zu einem erspriesslichen Resultate gelangen n lassen, unter denen die bemerkenswerthesten:

Ausdauer von Seite des Lernenden,

Erfahrung und Unverdrossenheit von Seite des Lehrenden,

Zahlreiches und leicht zur Verfügung stehendes Material; für gewöhnlich Personen, die sich nicht allein willig untersuchen, sondern auch, wenn nöthig, zur Erweiterung der Pupille und Lähmung der Accomodationsthätigkeit für einige Zeit, mit Atropin behandeln lassen.

Wie selten diese Erfordernisse vorhanden sind, haben gewiss chon Viele zu ihrem Leidwesen erfahren und wer erinnert sich nicht elbst der anfangs mit seinen ophthalmoscopischen Studien verbunlenen Mühen, die dem Geübten später unbegreiflich erscheinen würlen, wenn die tägliche Erfahrung ihn nicht lehrte, dass es jedem Anfänger nicht besser ergeht.

Wegen dieser Schwierigkeiten geschieht es auch, dass die Meisten mit der Auffindung des reellen, umgekehrten, Bildes sich zufrieden geben, ja sogar mit undeutlichen, durch sphärische Aberration verzerrten Bildern sich begnügen und nicht die nöthige Ausdauer besitzen, den Mühseligkeiten bei der Aufsuchung des virtuellen, aufrechten, Bildes sich zu unterziehen, welche durch schwierigere Aufrechthaltung der Beleuchtung und durch die Nothwendigkeit veranlasst werden, bei dieser Art der Untersuchung auch die Refractionsverhältnisse der Augen berücksichtigen zu müssen. Und doch ist diese letztere Art der Untersuchung wegen der durch beträchtlichere Vergrösserung*) gewonnenen Deutlichkeit und der durch Ausschluss sphärischer Aberration erzielten Genauigkeit der Bilder die bei weitem wichtigere, namentlich zu Detailuntersuchungen, und unentbehrlich, wenn es sich darum handelt, mit dem Ophthalmoscope Refractionsbestimmungen vorzunehmen, die bei gehöriger Uebung des Untersuchers vollkommen exakt und verlässig sind.

Wie ausserordentlich wichtige und bei richtiger Vornahme untrügliche Dienste der Augenspiegel in dieser Verwendung leistet, geht am einfachsten daraus hervor, dass der Beobachter bei dieser Untersuchung ganz selbständig, von den Aussagen und Angaben des Untersuchten ganz unabhängig bleibt, indem der Beobachter gleichsam *mit* dem Auge des Untersuchten, wenigstens mittelst der lichtbrechenden Theile dieses Organs sieht und ausserdem etwa vorhandene Trübungen der durchsichtigen Medien oder Anomalien der tieferen Augengebilde sogleich wahrzunehmen im Stande ist.

Nicht allein das wissenschaftliche Interesse, sondern auch die grossen Vortheile, welche aus dieser Untersuchungsmethode**) erwachsen, fordern daher zu ihrer Cultivirung auf, da auf diesem Wege Krankheitsursachen und Sehstörungen leicht erkannt werden können, die ausserdem verborgen bleiben oder nur auf umständlichere Weise zu eruiren sind.

---

*) Während die Vergrösserung bei Anwendung von Linse $+2''$ zur Erzeugung des umgekehrten Bildes zwischen einer 3- und 9fachen schwankt, ist sie im aufrechten Bilde eine 9- bis 21fache, je nach den verschiedenen Refractionszuständen und den angewendeten Correktionsgläsern.

**) Meine praktischen Erfahrungen haben mir für Lehrende wie Lernende einen grossen Vortheil darin erkennen lassen, dass nicht allein, wie es gewöhnlich im Anfange der ophthalmoscopischen Uebungen (namentlich im virtuellen Bilde) geschieht, das zur Untersuchung bestimmte Individuum mit Atropin behandelt wird, sondern dass auch der Beobachter durch Einträufung einer schwachen Atropinlösung seine eigene Accomodationsthätigkeit beschränkt.

Namentlich aber ist für Militärärzte eine solche Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Augen, die auf ganz objektiver Basis beruht, oft ein dringendes Bedürfniss, dem auf keine andere Weise Genüge gethan werden kann, da das umgekehrte Bild — höchste Grade von Myopie ausgenommen — zur Bestimmung der Refraction, wenn es sich um einigermassen Genauigkeit handelt, nicht zu verwenden ist.

Bekanntlich erkannte schon *Helmholtz*, der Erfinder des Augenspiegels, 1851 die Möglichkeit, mit Hilfe dieses Instruments von dem Refractionszustande des beobachteten Auges sich zu überzeugen und heute noch ist die von ihm angegebene Methode durch keine bessere verdrängt worden; später 1856 setzte *Eduard v. Jäger* die Verhältnisse, welche für diesen Zweck in Betracht zu kommen haben, näher auseinander und in der neuesten Zeit haben namentlich *Mauthner**) und *Donders* die Aufmerksamkeit der Aerzte dieser Untersuchungsmethode zugewendet. Besonders war es der letztgenannte Forscher, der durch seine wichtigen Arbeiten über die Refraction und Accomodation der Augen zugleich die Mittel zur Erkenntniss ihrer Anomalien genau bestimmte, so dass seine Lehre die fruchtbarste Anwendung in der Augenheilkunde gefunden nicht allein für die Verbesserung der Sehstörungen durch Brillen, sondern auch durch Aufklärung früher dunkler Krankheitszustände und dadurch ermöglichte Heilung derselben.

Für Ophthalmoscopiker, welche in der Untersuchung im aufrechten Bilde gewandt sind, hat die Methode der Refractionsbestimmung mittelst des Augenspiegels keine besonderen Schwierigkeiten, da die Verhältnisse, welche hiebei zu berücksichtigen sind, ihnen schon bekannt sein müssen. Dieselben sind übrigens einfach, denn die Art und Weise, wie es in jedem speziellen Falle ermöglicht wird, ein vollkommen deutliches und scharfes (virtuelles) Bild des Augenhintergrundes zu erhalten, die zur Veränderung des Ganges der Lichtstrahlen für den Untersucher benöthigten Corrections- und gegebenen Falls Neutralisations-Gläser liefern die Anhaltspunkte zur Bestimmung des dioptrischen Werthes der Refraction des untersuchten Auges.

Daher ist es

1) nothwendig, sich eine klare Vorstellung der verschiedenen Refractionszustände der Augen zu machen.

Unter Refractionszustand versteht man das Verhalten des Auges in Bezug auf Brechung und Vereinigungsweite von Lichtstrahlen, die es vermöge seines Baues und der anatomischen Anordnung seiner einzelnen Theile unabhängig von Accomodationswirkung ausübt.

*) Lehrbuch der Ophthalmoscopie von *Ludwig Mauthner*. Wien 1868.

Da man für jedes centrirte System brechender Kugelflächen ein System von nur zwei solchen Flächen substituiren kann, welches ebenso grosse und ebenso gelegene Bilder entwirft wie jenes, wenn auch selbst der Stoff verschieden ist, so kann man die ganze dioptrische Wirkung aller lichtbrechenden Theile des Auges mit der einer Sammellinse von gleicher Stärke vergleichen; und da bei allen Linsen ihre dioptrische Kraft nach ihrem Verhalten zu parallel auffallenden Lichtstrahlen (nach ihrer *Hauptbrennweite*) bemessen wird, so ist dies auch hier der Fall.

Schon *Kepler* hat nachgewiesen, dass im menschlichen Auge ähnliche Verhältnisse obwalten, wie in einer Camera obscura, deren wesentlichste Theile aus einer Sammellinse und dem die Bilder auffangenden Schirme bestehen. Wie dieser Schirm im Hauptbrennpunkte der Linse stehen kann oder nicht, so verhält es sich auch bei den Augen, wo alle lichtbrechenden Theile durch eine Sammellinse, die an dioptrischer Kraft ihnen gleich kommt, der auffangende Schirm durch die Retina repräsentirt werden.

Es kommt daher bei Beurtheilung und Eintheilung der Refractionszustände der Augen die Lage des Hauptbrennpunkts (die hintere Hauptbrennweite) in Betracht, nämlich ob der Vereinigungspunkt parallel mit der Hauptaxe einfallender Lichtstrahlen *in* die (Stäbchen und Zapfenschichte der) Retina oder *vor* oder *hinter* dieselbe fällt.

Nach diesen drei Möglichkeiten theilt man die Refractionszustände ein in Emmetropie und Ametropie mit ihren zwei Unterarten (Myopie und Hypermetropie).

1) Ist das Auge der Art gebaut, dass es seinen hinteren Hauptbrennpunkt *in* der Retina hat, so wird dieser Refractionszustand als *Emmetropie* ($E = \frac{1}{\infty}$) die Hauptbrennweite im richtigen Masse zur Länge der Augenaxe stehend bezeichnet und jede Abweichung von dieser Norm als Ametropie ausser dem richtigen Masse sich befindlich; und wirklich ist der Grund der Abweichungen in der Regel in verschiedener Länge der Augenaxe begründet, die in dem hypermetropischen Auge kürzer, in dem myopischen länger ist, als in dem emmetropischen Auge.
2) Fällt der Hauptbrennpunkt *vor* die Retina, hat die Hauptbrennweite im Vergleiche zur längeren Augenaxe ein zu kurzes Mass, bezeichnet man diesen Zustand als Brachymetropie, ein Verhältniss, das unter dem Namen *Myopie* längst bekannt ist.
3) Fällt der Hauptbrennpunkt *hinter* die Retina, geht also die Hauptbrennweite im Verhältniss zur kürzeren Augenaxe über das richtige Mass hinaus, hat man *Hypermetropie*, ein Zustand,

dessen nähere Verhältnisse erst in der neuesten Zeit durch *Donders* präcisirt wurden.

Bei Myopie (M) hat daher der dioptrische Apparat im Verhältniss zur Lage der Retina, zum Baue des Auges ein relativ zu grosses Brechungsvermögen und dieses *plus* an brechender Kraft kann mit dem Sammelvermögen einer *Convexlinse* ($+ {}^1/_m$) verglichen werden, die soviel positive Brennweite (m'') besitzt als die zur *Neutralisation**) der Myopie benöthigte Concavlinse negative Brennweite haben muss.

Jene, möglichst nahe vor das Auge gebrachte Linse ist aber für dasselbe neutralisirend, welche es befähigt, im Zustande der Accomodationsruhe parallel einfallende Strahlen in seiner Retina punktuell zu vereinigen, welche also dessen Refraction, soweit es geschehen kann, der des emmetropischen gleicht macht.

$$\text{Myopie} = M = E + {}^1/_m = \tfrac{1}{\infty} + {}^1/_m = + {}^1/_m.$$

Bei Hypermetropie (H) hat der dioptrische Apparat ein für den Bau des Auges relativ zu geringes Sammelvermögen und dieses *minus* an brechender Kraft kann mit dem Zerstreuungsvermögen einer entsprechenden *Concavlinse* ($- {}^1/_h$) verglichen werden, die soviel negative Brennweite ($- h''$) hat, als die zur *Neutralisation* der Anomalie dienende Convexlinse positive Brennweite haben muss.

$$\text{Hypermetropie} = H = E - {}^1/_h = \tfrac{1}{\infty} - {}^1/_h = - {}^1/_h.$$

Vor nicht gar langer Zeit galt noch die Presbyopie als derjenige Zustand, welcher der Myopie entgegengesetzt sei; und zwar mit scheinbarem Rechte, denn hier fand man das Gebiet der deutlichen Sehweite zu nahe, dort zu ferne vom Auge. Die neueren Forschungen haben aber die *Presbyopie* als den normalen physiologischen Zustand des Auges in einer gewissen Altersperiode kennen gelehrt, bestehend in *verminderter Accomodationsbreite*, wodurch sich je nach der *Lage* des Accomodationsbereichs Sehstörungen geltend machen oder nicht. Eine Trennung der vom anatomischen Baue und der Lage der einzelnen Theile abhängigen Refraction von der durch Accomodation hervorgebrachten Wirkung war erst nach Erkenntniss des Wesens der Accomodation und der bei derselben im Auge eintretenden Veränderungen möglich, erst dann war man im Stande, eine Scheidung der betreffenden Anomalien vorzunehmen.

Da man jetzt fast allgemein annimmt, dass für den fernsten Punkt des deutlichen Sehens diejenigen Theile im Zustande vollständiger

*) Von dem Abstande des Neutralisationsglases vom Knotenpunkte des Auges ist abgesehen worden im Interesse der Einfachheit und Deutlichkeit. Es ist auch nur bei Gläsern mit sehr kurzer Brennweite nöthig, diesen Abstand zu berücksichtigen (er beträgt einen halben Zoll).

Erschlaffung sich verhalten, welche beim Sehen in der grössten Nähe in den Zustand grösstmöglichster Spannung sich versetzen, muss die Refraction bei Accomodationsruhe bestimmt werden. Desshalb benützt man auch bei subjectiven Bestimmungen der Refraction die Lage des Fernpunktes des Auges.

Der von dem Knotenpunkte des Auges entferntest gelegene Punkt, von dem ausgehende Lichtstrahlen ohne optische Correction (und ohne Accomodation) im Auge, *in seiner Retina* punktuell vereinigt werden, wird als *Fernpunkt* bezeichnet.

Während dieser Punkt beim emmetropischen Auge in unendlicher Ferne liegt, befindet er sich beim myopischen näher oder ferner *vor* dem Knotenpunkte in der *positiven* Endlichkeit; bei dem hypermetropischen näher oder ferner *hinter* dem Knotenpunkte in der *negativen* Endlichkeit, entsprechend der jedesmaligen Grösse der Ametropie.

Als einander entgegengesetzte Refractionszustände sind nunmehr Myopie und Hypermetropie erkannt und sind auch die von ihnen verursachten oder doch mit ihnen im Zusammenhange stehenden Sehstörungen entgegengesetzter Art:

Die Hypermetropie verursacht accomodative Asthenopie und Strabismus convergens, die Myopie dagegen musculäre Asthenopie und Strabismus divergens.*)

2) Ist es nothwendig, sich zu vergegenwärtigen, dass die aus dem Auge *zurückkehrenden* Lichtstrahlen denselben Brechungsverhältnissen unterworfen sind, wie die eintretenden.

a) Das *emmetropische* Auge also, das im Zustande der Accomodationsruhe, der für die Folge immer vorausgesetzt wird, seinen hinteren Hauptbrennpunkt in der Retina hat, lässt umgekehrt vom Augengrunde ausgehende Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Cornea — also in der Luft — parallel weiter gehen, oder doch nur so wenig convergent, dass sie als parallel betrachtet werden müssen, so dass sie sich erst in dem in der Unendlichkeit liegenden Fernpunkte wieder vereinigen.

b) Das *myopische* Auge, das vermöge seines Baues für divergent auffallende Strahlen eingestellt ist, für Strahlen also, die von einem in der positiven Endlichkeit liegenden, näher oder ferner vor dem Auge sich befindlichen Punkte — seinem Fernpunkte — herkommen, gibt den von einem Punkte der Retina ausgehenden beim Austritte in die Luft eine Convergenz nach

*) Näheres über diese interessanten Beziehungen findet sich in „Die Anomalien der Refraction und Accomodatien des Auges von *F. C. Donders*". Deutsche Ausgabe von *Otto Becker*. Wien 1866.

diesem Fernpunkte, z. B. bei Myopie $= + 1/10$, wo der Fernpunkt 10 Zoll vor dem Knotenpunkte des Auges liegt, werden die von dem Fernpunkte ausgehenden, also divergent auf die Hornhaut auffallenden Strahlen in der Retina wieder vereinigt und umgekehrt sind von einem Punkte der Retina ausgehende Strahlen nach ihrem Durchtritte durch die Cornea so *convergirend*, dass sie in dem 10 Zoll entfernten Punkte wieder sich vereinigen.

c) Das *hypermetropische* Auge, das im Zustande passiver Accomodation nicht die Kraft besitzt, parallel eintretende Lichtstrahlen in seiner Retina punktuell zu vereinen, sondern nur entsprechend dem Grade der Hypermetropie convergent auffallende, kann auch von einem Punkte der Retina ausgehende nicht parallel machen, sondern muss sie *divergent* austreten lassen und zwar gibt es denselben eine Divergenz, als kämen sie von seinem Fernpunkte, einem imaginären in der negativen Endlichkeit (hinter der Retina) liegenden Punkte her; z. B. bei $H = - 1/20$ haben die von einem Punkte der Retina kommenden Lichtstrahlen bei ihrem Austritte aus der Cornea eine Divergenz, als kämen sie von einem 20 Zoll hinter dem Knotenpunkte*) des Auges gelegenen Punkte her.

Nach diesem angedeuteten Gange der Lichtstrahlen bei den verschiedenen Refractionszuständen wird es leicht verständlich sein, dass der mit dem Augenspiegel untersuchende Emmetrope ein virtuelles Bild des Augengrundes eines Emmetropen erhalten wird, welches weder durch negative, noch durch positive Gläser an Schärfe und Deutlichkeit gewinnt; dass er dagegen eines Concavglases bedarf bei der Untersuchung eines Myopen, um die von der Retina kommenden convergent austretenden Lichtstrahlen bis zum Parallelismus zu zerstreuen und eines Convexglases bei der Untersuchung eines Hypermetropen, um eben die divergent austretenden von der Retina kommenden Lichtstrahlen bis zum Parallelismus zu sammeln.

Der dioptrische Werth des *benöthigten* Glases gibt daher den Grad der gefundenen Ametropie an, nur ist wegen des grösseren Abstandes des Glases vom Knotenpunkte des untersuchten Auges eine Correktion nöthig und zwar eine solche im negativen Sinne bei Anwendung von negativen Gläsern, und eine solche im positiven Sinne bei Anwendung von positiven Gläsern, so dass also die gefundene Myopie etwas geringer, die Hypermetropie etwas grösser ist, als der

*) Eigentlich Hauptpunkte, siehe optischen Theil.

reciproke Werth des benöthigten Glases. Bei möglichster Annäherung mit dem lichtschwachen *Jäger*'schen Augenspiegel beträgt die nöthige Correktion einen Zoll, so dass der Emmetrope z. B. bei Anwendung von Glas — 8″ nicht Myopie + $^1/_8$, sondern + $^1/_9$ und bei Anwendung von Glas + $^1/_{10}$ nicht Hypermetropie — $^1/_{10}$, sondern — $^1/_9$ gefunden hat.

3) Ist es nothwendig, dass der Untersuchende seinen *eigenen Refractionszustand* genau kennt; denn ist er selbst ametropisch, muss er die Grösse seiner Refractionsanomalie, den Grad seiner Ametropie in Rechnung bringen.

Es benützt nämlich der untersuchende *Myope* ein Concavglas nicht allein zur *Correktion* der Refractionsanomalie des Untersuchten, wie dies der Emmetrope thut, sondern auch zur *Neutralisation* der *ihm* eigenen Refractionsanomalie. Bei Anwendung eines Convexglases benützt er dieses und ausserdem noch das seinem Auge innewohnende, um den Grad seiner Myopie *erhöhte* Brechungsvermögen (+ $^1/_m$). Der untersuchende Myope muss desshalb zur Berechnung des vorhandenen Refractionszustandes eine Correktion vornehmen, so dass die gefundene Myopie kleiner, die Hypermetropie grösser ist, als der reciproke Werth des benöthigten Glases und zwar um den Grad seiner Myopie.

Im umgekehrten Verhältnisse steht der *Hypermetrope*. Dieser muss bei Anwendung von Concavgläsern den reciproken Werth seiner Hypermetropie addiren, bei Anwendung von Convexgläsern den Theil, welcher von seiner Hypermetropie (— $^1/_h$) behufs Neutralisation in Anspruch genommen wird, subtrahiren.

Mit kurzen Worten:

Der Myope muss nach dem Grade seiner Myopie den reciproken Werth einer Convexlinse (+ $^1/_m$), der Hypermetrope den seiner Refractionsanomalie entsprechenden Werth einer Concavlinse (— $^1/_h$) in *Rechnung* bringen und dann gleich dem Emmetropen die nöthige Correktion wegen des Abstandes der Gläser von den Augen vornehmen, um die Refraction eines untersuchten Auges richtig bestimmen zu können.

Um nun diese werthvolle Untersuchungsmethode möglichst üben und die Schwierigkeiten, welche bei der ersten Handhabung des Augenspiegels entgegentreten, ohne besondere Mühe überwinden zu können, habe ich einen Apparat construirt, der bereits in mannigfacher Weise sich praktisch bewährt hat.

Durch denselben ist man im Stande, vom ersten Anfange bis zur Vollendung nicht allein die Untersuchungstechnik, sondern auch die im Augengrunde vorkommenden physiologischen und pathologischen Veränderungen kennen zu lernen; ja noch mehr: während der Apparat für den Untersuchenden selbst als Optometer dient, ist er auch zu Uebungen in Refractionsbestimmungen ganz vorzüglich, denn die verschiedenartigsten Refrectionszustände vom höchsten Grade der Kurzsichtigkeit bis zum höchsten Grade der Uebersichtigkeit können an ihm zur Augenspiegeluntersuchung gebracht werden.

Ich glaube, dass nunmehr für die Zukunft allen oben angeführten Erfordernissen leicht entsprochen werden kann; denn für genügendes, leicht verwendbares Material hat *Eduard v. Jäger* durch seinen neuen ausgezeichneten Atlas (1869) gesorgt, der, was Genauigkeit der Bilder, Auswahl der Fälle, Brauchbarkeit und Ausstattung anbelangt, fast nichts zu wünschen übrig lässt. Und wenn erst der Atlas seines Charakters als Atlas vollständig entkleidet und in Verbindung mit meinem unten beschriebenen neuen Apparate verwerthet wird, wird sich von Schwierigkeiten bei Erlernung der Ophthalmoscopie kaum mehr sprechen lassen und wird bei grösserer Cultivirung der Untersuchungsmethode im virtuellen Bilde der Augenspiegel auch als Optometer eine allgemeinere Verwendung finden.

Mit dem Apparate einmal vertraut, was in kurzer Zeit ohne besondere Mühe geschehen kann, werden bei der Untersuchung am Lebenden keine Schwierigkeiten mehr erwachsen, denn die Art und Weise der Untersuchung kann stufenweise, entsprechend der Uebung und erlangten Fertigkeit des Untersuchenden der am Lebenden immer ähnlicher gemacht werden, auch erhalten die Bilder eine mit den am Lebenden Gesehenen wirklich frappante, selbst den geübten Untersucher im hohen Grade befriedigende Aehnlichkeit.

Der Apparat bietet folgende Vortheile:

1) Lernt der Untersuchende der Beleuchtung vollständig Herr werden.
2) Lernt er seine Accomodationsthätigkeit in jeder Weise controlliren.
3) Hat der Untersuchende am Texte des Atlas einen vortrefflichen Lehrer stets zur Seite.
4) Hat er für die Untersuchung im virtuellen und reellen Bilde mit meinem neuen Apparate an den *Jäger*'schen Tafeln ein ihm jeder Zeit zur Verfügung stehendes physiologisches und pathologisches Material wie in keiner, selbst nicht der grössten Augenklinik.

5) Kann der Untersuchende an diesem Apparate sich ausserordentlich gut im scharfen und deutlichen Sehen mit dem rechten wie linken Auge üben und alsbald zwischen deutlich und verschwommen Sehen unterscheiden lernen; und

6) was ein namentlicher Vorzug ist, er kann eine vollkommene Fertigkeit in der Verwendung des Ophthalmoscops zur Optometrie sich zu eigen machen, indem er durch beliebige Herstellung der verschiedenartigsten Refractionsanomalien sich das umfassendste Material zur Uebung jederzeit auf die leichteste Weise beschaffen kann.

Ausserdem ist der Apparat ganz ausgezeichnet zur Demonstration und Erklärung der verschiedenartigen Refractionszustände, wenn man in die Vorrichtung an der Hinterseite ein ölgetränktes Papier oder eine matte Glasplatte einlegt, und dann denselben wie eine Camera obscura benützt.

Der Apparat auf einem eisernen Statif mit verschieden hoch stellbarem Träger ruhend, besteht aus folgenden Theilen von Messing.

a) Aus dem äusseren Cylinder $3^1/_2$ rhein.*) Zoll lang, 2 Zoll 4 Linien weit.

b) Aus dem vorderen Verschluss, der in den äusseren Cylinder eingesteckt und leicht abgenommen werden kann. Dieser Verschluss hat in seiner Mitte eine $^1/_2$ Zoll Durchmesser haltende Oeffnung — das Sehloch — und ist aussen matt geschwärzt. An seiner Innenseite, die also, wenn er aufgesteckt ist, der Höhlung des Cylinders zusieht, befindet sich eine Vorrichtung zum Einlegen sphärischer Gläser, ähnlich der am *Jäger*'schen Augenspiegel vorhandenen — und zum Einlegen einer Scheibe mit kleinerem Sehloch ($^1/_4$ Zoll Durchmesser).

c) Aus dem *inneren* Cylinder, welcher wie die Theile eines Fernrohrs in den äusseren Cylinder eingeschoben und ausgezogen werden kann. Er ist innen matt schwarz, 3 Zoll lang und hat an seiner Oberfläche eine eingravirte Scala, welche, wenn der Cylinder ausgezogen wird, den Abstand seines hinteren Verschlusses angibt, resp. den Abstand, welchen ein in die hiezu bestimmte Vorrichtung eingelegtes Bild vom Sehloche einnimmt.

d) aus dem *hinteren* Verschluss, der zugleich zur Aufnahme der *Jäger*'schen ophthalmoscopischen Bilder dient. Diese Vorrichtung besteht aus einem Kästchen, dessen quadratische Grund-

*) Das rheinische Mass musste angenommen werden, da die Brennweiten der üblichsten Gläser von *Pätz* und *Flohr* darnach angegeben sind. Ein rheinischer Zoll ist gleich 2,635 Centimeter.

fläche (3 Zoll Seitenlänge) am innern Cylinder angelöthet ist. Diese Grundfläche ist entsprechend dem Lumen des Cylinders kreisrund ausgeschnitten, so dass ein in das Kästchen eingelegtes Bild vom Sehloche aus vollständig übersehen werden kann. Die Tiefe des Kästchens beträgt 2 Linien. Der Deckel desselben ist in einem Charnier beweglich und dadurch das Oeffnen und Schliessen zum Einlegen und Entfernen der Bilder leicht ermöglicht.

Der vollständig ausgerüstete Apparat stellt gewissermassen ein aphakisches, also vollständig accomodationsloses, hypermetropisches Auge dar, dessen Hintergrund, wie dessen Refractionszustand nach Belieben geändert werden kann und zwar der erstere durch Einlegen verschiedener Bilder, der letztere nicht allein durch Ausziehen des inneren Cylinders mit seinem Bildkästchen, sondern auch durch Einlegen verschiedener sphärischer Gläser in die Vorrichtung des vorderen Verschlusses.

Ist der Apparat z. B. zusammengeschoben auf 4 Zoll — ohne Linse — entspricht er Aphakie resp. Hypermetropie $= -\,{}^1/_4$. Ist er auf 4 Zoll Distanz gestellt und Glas $+\ 6''$ eingelegt, entspricht er Hypermetropie $= -\,{}^1/_{12}$. Wird er auf 5 Zoll gestellt mit Glas $+\ 2^1/_2''$ repräsentirt er Myopie und zwar $M = +\,{}^1/_5$.

Der jeweilige Refractionszustand berechnet sich nach der Formel:

$$^1/_x = {}^1/_f - {}^1/_d$$

wenn

x den Refractionszustand,
f die Brennweite des eingelegten positiven Glases,
d den Abstand des Bildes vom Sehloche (eigentlich Knotenpunkte des eingelegten Glases) bezeichnet.

Ist die gefundene Grösse positiv, entspricht der Refractionszustand in dem gefundenen Grade der Myopie; bei sich ergebender negativer Grösse dem entsprechenden Grade von Hypermetropie.

Unter den verschiedenartigsten Refractionszuständen, welche am Apparate dargestellt werden können, werden z. B. hergestellt

$+\ {}^1/_4 \cdot {}^1/_5 \cdot {}^1/_9 \cdot {}^1/_{12} \cdot {}^1/_{20} \cdot {}^1/_{28} \cdot {}^1/_{36} \cdot {}^1/_{45}$ Myopie

$^d/_f = {}^4/_2 \cdot {}^5/_{2^1/_2} \cdot {}^{4^1/_2}/_3 \cdot {}^4/_3 \cdot {}^5/_4 \cdot {}^4/_{3^1/_2} \cdot {}^{4^1/_2}/_{3^1/_2} \cdot {}^5/_{4^1/_2}$

wenn der Zähler die Distanz, auf die der Apparat gestellt sein muss, der Nenner das einzulegende positive Glas bedeutet; und ebenso

$\frac{1}{\infty}$ = Emmetropie

$^d/_f = {}^{3^1/_2}/_{3^1/_2} \cdot {}^4/_4 \cdot {}^{4^1/_2}/_{4^1/_2} \cdot {}^5/_5$. oder

$-\,{}^1/_4 \cdot {}^1/_5 \cdot {}^1/_9 \cdot {}^1/_{12} \cdot {}^1/_{20} \cdot {}^1/_{28} \cdot {}^1/_{36} \cdot {}^1/_{45}$ Hypermetropie

$^d/_f = {}^4/_0 \cdot {}^5/_0 \cdot {}^{4^1/_2}/_9 \cdot {}^4/_6 \cdot {}^4/_5 \cdot {}^{3^1/_2}/_4 \cdot {}^4/_{4^1/_2} \cdot {}^{4^1/_2}/_5$.

Der Apparat wird, wenn man nicht, wie auch bei der Ophthalmoscopie am Lebenden geschehen kann, diffuses Tageslicht benützen will, so aufgestellt, dass die seitwärts stehende als Lichtquelle dienende Lampe, das Auge des Beobachters und das Sehloch des Apparats in einer horizontalen Ebene sich befinden. Die Beleuchtung geschieht dann der Art, dass man mit dem lichtstarken, bei grösserer Uebung mit dem lichtschwachen *Jäger*'schen Augenspiegel sich so sehr wie nur immer möglich dem Sehloche nähert und das von der Lampenflamme aufgefangene Licht durch dasselbe in den Apparat reflektirt.

Der Beobachter schaut in der bekannten Weise durch den Spiegel.

Die bei eingelegten Gläsern auftretenden Reflexbilder stören nur bei unrichtiger Haltung des Spiegels und müssen durch Neigung desselben aus dem Sehfelde entfernt, einfach dislocirt werden.

Die grösstmöglichste Ausdehnung der Beleuchtung wird durch leichte seitliche Drehungen des Spiegels mit der denselben führenden Hand ermittelt.

Der Emmetrope beginnt nun z. B. seine Uebung damit, dass er den auf 5 Zoll ausgezogenen nicht mit einer Linse versehenen Apparat in der angeführten Weise beleuchtet, so dass er eine deutliche Anschauung des eingelegten Bildes durch den Augenspiegel gewinnt. Bald wird hinreichende Sicherheit im Festhalten der Beleuchtung gewonnen sein und er wird dann durch Probe sich überzeugen, dass er auch mit Convexgläsern untersuchen und zwar wenn er mit seinem Spiegel sich (in toto) 2 Zoll vom Apparate hält bis Glas 7" steigen kann, ohne dass das Bild an Deutlichkeit verliert. Er wird hiedurch zur Ueberzeugung kommen, dass er zuerst *mit Accomodationsanstrengung*, zuletzt *ohne Accomodationsthätigkeit* untersucht, dass er sein Auge zuerst auf einen nahen Punkt, zuletzt auf seinen Fernpunkt einstellt. Der Emmetrope, wie jeder Untersuchende muss sich dann allmählig gewöhnen, ohne Accomodationsthätigkeit die Untersuchung vorzunehmen, da er auf solche Weise seine Augen am wenigsten anstrengt und ferner die Befähigung erlangt, verlässige und richtige Refractionsbestimmungen auszuführen. Da dieselben unter Ausschluss der Accomodationsthätigkeit vorgenommen werden, was der eine Untersucher früher, der andere später durch Uebung erlernt, ist bei Anwendung von *Correctionsgläsern* das *stärkste* Convexglas oder das *schwächste* Concavglas als das massgebende zu ermitteln, mit dem im speziellen Falle das deutlichste Bild des Augengrundes erhalten wird.

2) Der Emmetrope wird dann z. B. den Apparat auf Hypermetropie $= -\frac{1}{20}$ stellen — durch Ausziehen auf 4 Zoll und Ein-

legen von Glas + 5". Er wird dann im Stande sein, ein scharfes Bild des Augengrundes zu sehen, wenn er Glas + 22" in den Augenspiegel einlegt und mit demselben 2 Zoll vom Sehloche sich entfernt hält, da dann durch dieses Glas + $^1/_{22}$ die aus dem Apparate divergent austretenden Strahlen parallel gemacht werden, wie sie der Emmetrope benöthigt.

3) Bei Myopie = + $^1/_{20}$ — durch Ausziehen auf 5 Zoll und Einlegen von Glas + 4" — wird der Emmetrope auf 2 Zoll Abstand vom Sehloche Glas — 18" bedürfen. Denn in diesem Falle treten die Lichtstrahlen, die von einem Punkte des Bildes kommen, mit einer Convergenz nach einem 20 Zoll vor dem Knotenpunkte des eingelegten Glases (+ 4") gelegenen Punkte aus dem Sehloche. Nachdem diese Strahlen 2 Zoll zurückgelegt, haben sie nur noch eine Convergenz nach einem 18 Zoll entfernten Punkte und durch ein Concavglas von — 18" an dieser Stelle werden sie parallel wie sie der accomodationslose Emmetrope bedarf.

4) Würde aber der Untersucher z. B. ebenfalls Myope sein und zwar in einem Grade, dass sein Neutralisationsglas — 18" wäre, so würde er im Falle Nro. 3. Glas — 9" gebrauchen müssen und zwar — $^1/_{18}$ als Correctionsglas für die Myopie des Untersuchten und — $^1/_{18}$ als Neutralisationsglas seiner eigenen Ametropie.

5) Ein Myope z. B. + $^1/_7$ wird den Apparat auf 5 Zoll ausziehen und dann das eingelegte Bild, ohne dass er eines Glases bedürfte, deutlich sehen, denn dasselbe befindet sich wegen der Entfernung seines Auges vom Sehloche (2") im Fernpunkts-Abstande des Myopen + $^1/_7$. Ein Myope = + $^1/_6$ wird den Apparat dagegen nur auf 4 Zoll stellen dürfen, wenn er ohne Correctionsglas mit dem Ophthalmoscope untersuchen will und 2 Zoll vom Apparate sich entfernt hält.

6) Würde ein Myope seines Neutralisationsglases bedürfen und dieses gerade das *schwächste* Concavglas sein, mit dem er das eingelegte Bild vollkommen klar und deutlich sehen kann, so würde ihm diess beweisen, dass die Refraction des Apparates auf Emmetropie ($E=\frac{1}{\infty}$) gestellt wäre (z. B. Distanz 4" Glas + 4").

7) Würde ein Myope = + $^1/_{22}$ auf 2 Zoll Abstand vom Sehloche das Bild am deutlichsten ohne Correctionsglas sehen, würde der Apparat H—$^1/_{20}$ darstellen (nemlich bei 4 Zoll Distanz und Glas + 5"). Es würden in diesem Falle die Lichtstrahlen auf das Auge des Myopen mit einer Divergenz auffallen, als kämen sie von einem 22 Zoll entfernten Punkte her und solche divergente Lichtstrahlen

bedarf er gerade, um sie ohne Accomodationsthätigkeit und ohne Correctionsglas in seiner Retina punktuell zu vereinigen.

8) Würde der Apparat auf Hypermetropie H—$^1/_{28}$ (Distanz $3^1/_2$" Glas + 4") eingestellt und der Untersuchende wäre H—$^1/_{30}$, würde zunächst für die Correction des Apparates + $^1/_{30}$ (und zwar + 28" für die Neutralisation und 2" für Correction des Abstandes giebt + 30"=$^1/_{30}$) nothwendig werden. Wäre nun der Untersucher Emmetrope, würde er sich parallelen Lichtstrahlen gegenüber befinden, mithin ein scharfes Bild des Hintergrundes des Apparats erhalten.

Da aber der Untersucher im gegebenen Falle selbst Hypermetrope und zwar — $^1/_{30}$ ist, bedarf er noch weiteres zur Neutralisation seiner Ametropie ein Glas + $^1/_{30}$. Er hat mithin 2mal $^1/_{30}$ mithin Glas $^1/_{15}$=15" anzuwenden. Wenn daher ein Hypermetrope = — $^1/_{30}$ den Augengrund im virtuellen Bilde untersucht mit Glas $^1/_{15}$ und dieses auf einen Abstand von 2 Zoll vom Sehloche das *stärkste* Convexglas ist, mit dem er das deutlichste Bild erhält, so hat er zur Berechnung der gefundenen Ametropie das Quantum der dioptrischen Kraft, das behufs Neutralisation absorbirt wird, in Abrechnung zu bringen. Es bleibt ihm dann noch + $^1/_{30}$=30", die Distanz von 2 Zoll noch subtrahirt, (da ein Convexglas als Correctionsglas verwendet wurde, bei einem Concavglas müsste die Distanz addirt werden) giebt 28". Die gefundene Ametropie bedarf eines Convexglases von 28" Brennweite zur Neutralisation, die Ametropie ist daher negativ, also Hypermetropie und ihr Grad beträgt — $^1/_{28}$.

Zur Darstellung und Erklärung der Linsengesetze u. s. w. und zu deren Studium leistet der Apparat unübertreffliche Dienste. Zu diesem Zwecke wird eine *matte Glastafel* eingelegt und kann man z. B. folgende Gesetze praktisch demonstriren.

1) Im Hauptfocus einer Sammellinse entstehen umgekehrte, reelle dioptrische Bilder und können dieselben *deutlich* wahrgenommen werden, wenn der auffangende Schirm *im Hauptbrennpunkte* steht. *)

2) Das Gesetz der *conjugirten* Brennweiten $^1/a+^1/b=^1/f$ die Summe des dioptrischen Werthes der conjugirten Brennweiten entspricht dem dioptrischen Werthe der Hauptbrennweite.

   Z. B. Mit Glas + 4" eingelegt und Distanz 4" zeigt der Apparat von relativ unendlich entfernten Gegenständen

*) Vide optischen Theil.

scharfe Bilder, während Gegenstände in einer (endlichen) Entfernung von 20 Zoll bei gleicher Distanz des Beobachters erst dann *scharfe* Bilder geben, wenn der Apparat auf 5 Zoll ausgezogen wird. $^1/_4 = {}^1/_{20} + {}^1/_5$.

3) Die Summe des reciproken Werthes der Hauptbrennweiten ist gleich der dioptrischen Kraft einer Combination. *)

Der Apparat zeigt scharfe Bilder mit derselben Distanz bei eingelegtem Glas + 5" oder bei (+ 10" und + 10") denn $^1/_{10} + {}^1/_{10} = {}^1/_5$.

4) Die Ametropie ist (in der Mehrzahl der Fälle) durch die *unverhältnissmässige* Länge der Augenaxe bedingt. Bei Myopie ist sie länger, bei Hypermetropie kürzer als im emmetropischen Zustande.

Die reellen Bilder sind scharf vorhanden, wenn bei Glas + 5" die Distanz des Apparates auf 5 Zoll gestellt ist, sie sind dagegen undeutlich bei Distanz = 6 Zoll oder 4 Zoll.

5) Correction der *Ametropie* auf optischem Wege (durch Brillen). Bei Myopie des Apparats z. B. M + $^1/_{11}$ (Glas + $3^1/_2$" Distanz 5") wird Glas — 10" (— $^1/_{10}$) vor das Sehloch gehalten in auffallender Weise die Deutlichkeit des Bildes entfernter Gegenstände hervorrufen, ebenso bei Hypermetropie z. B. — $^1/_8$ (Glas 8" Distanz 4"), wenn Glas + 9" (+ $^1/_9$) zur Correction verwendet wird.

6) Die Accomodationsthätigkeit *(Accomodationsbreite)* lässt sich in ihrem dioptrischen Werthe mit einer Convexlinse vergleichen.

Z. B. Einstellung des Apparats auf den Fernpunkt (Glas + 5" u. Dist. 5"), dann erhält man von Objekten in relativ unendlicher Entfernung scharfe Bilder, um aber einen nahen Gegenstand z. B. ein 20 Zoll vom Apparate entferntes Stäbchenoptometer deutlich abgebildet zu erhalten, muss unter Beibehaltung derselben Entfernung des Beobachters noch ausserdem Glas + 20" eingelegt werden. Die Accomodationsbreite entspricht in diesem Falle einer Convexlinse = $^1/_{20}$.

7) Stärkere Linsen geben *kleinere* Bilder als schwächere.

8) Die sphärische Aberration bedingt die Nothwendigkeit der Abhaltung der Randstrahlen, wenn die Deutlichkeit und Genauigkeit der Bilder nicht beeinträchtigt werden soll.

---

*) Vide optischen Theil.

Es würde ermüden, wollte ich noch weitere Beispiele der Anwendungsart des Apparats anführen. Aus diesen wenigen schon wird der aufmerksame Leser ersehen haben, welch' mannigfache Verwendung dem Apparate gegeben werden kann und wie die Untersuchungsmethode, sowie die der Refractionsbestimmung mit der am Lebenden übereinstimmt.

Ich empfehle daher den Apparat Allen, welche sich für Ophthalmoscopie, für die Untersuchung im virtuellen Bilde und speciell für die Optometrie interessiren in der Ueberzeugung, dass es mir gelungen, durch diese Erfindung die wesentlichsten Schwierigkeiten der ersten ophthalmoscopischen Studien für Lehrende sowohl wie für Lernende zu beseitigen, die Ophthalmoscopie fast Jedem zugänglich und die trefflichen *Jäger*'schen Spiegelbilder dadurch, dass sie das lebende Material, welches so selten und schwer zu erhalten ist, wirklich ersetzen, erst vollkommen nutzbar gemacht zu haben.

Die Prüfung und der Gebrauch werden mehr noch als die angeführten Gründe für die Brauchbarkeit und Zweckmässigkeit des neuen Apparats entscheiden.

Die Gesetze der Katoptrik und Dioptrik im Allgemeinen und speziell die der sphärischen Linsen müssen Demjenigen, der mit dem Augenspiegel im virtuellen Bilde untersuchen und Refractionsbestimmungen vornehmen will, vollständig bekannt sein. Es sei deshalb nur in Rücksicht auf die öfters gebrauchten Bezeichnungen in Kürze Folgendes erwähnt.

Von jedem einzelnen Punkte eines leuchtenden Körpers strahlt das Licht nach allen Richtungen, so dass man jeden einzelnen Punkt eines solchen Körpers als einen Mittelpunkt von Lichtstrahlen betrachten kann.

Von einem solchen Punkte aus setzen sich die einzelnen Strahlen radienartig, geradlinig*) fort, sind daher divergent, so lange ihr Gang nicht eine Aenderung erlitten hat. Es kann der Leuchtpunkt aber so unendlich weit entfernt sein, dass die Divergenz der in *Betracht* kommenden Lichtstrahlen z. B. für einen sphärischen Spiegel, eine Linse, das Auge u. s. w. ausser Acht gelassen werden muss, da sie sich der Beobachtung und Berechnung entzieht.

Wenn z. B. von einem Fixsterne Lichtstrahlen auf eine Linse fallen, so ist die Oeffnung des Winkels zweier gegenüberliegender *Randstrahlen* schon so unendlich klein, dass sie gleich Null zu setzen ist. Derartige Lichtstrahlen, deren Neigung gegen einander gleich Null ist, sind aber als parallel zu betrachten; nicht parallele Strahlen heissen nach der Seite hin, wo sie verlängert sich schneiden, convergirend und nach der entgegengesetzten divergirend.

Wenn also von *parallelen* Lichtstrahlen die Rede ist, befindet sich der Leuchtpunkt, von dem sie ausgehen, oder von dem sie auszugehen scheinen, oder dem sie zustreben, in *verhältnissmässig unendlicher* Entfernung; die convergirenden haben ihren Vereinigungspunkt die divergirenden beziehungsweise ihren Ausgangspunkt in *endlicher* Entfernung.

Von Strahlen, die ein leuchtender Punkt nach allen Richtungen hin aussendet, kommt nur ein dünner Strahlenkegel in das Auge, dessen Gipfel im Leuchtpunkte liegt, wenn der Raum zwischen Auge und diesem ununterbrochen mit einem homogenen Mittel (medium) erfüllt ist. *Den Ort* des Lichtpunkts versetzen wir (beiläufig) in die Richtung der Axe jenes Lichtkegels.

---

*) Eine Auflösung der Ausbreitung der Lichtwellen in linear sich fortsetzende Strahlen ist für die folgenden Betrachtungen um so mehr gestattet, als die Abweichungen von dieser Regel in den gewöhnlich vorkommenden Fällen ganz unmerklich sind.

Durch ein *dazwischentretendes* Mittel wird den Lichtstrahlen ein anderer Gang ihres Verlaufs gegeben und kommen für unsere Zwecke hier vorzugsweise die sphärischen Linsen in Betracht.

Sphärische Linsen sind durchsichtige Körper, deren Grenzflächen Theilen von Kugelflächen angehören, welche ihre Mittelpunkte in einer Linie liegend haben. (Diese Centrallinie heisst die *Axe.)* Sie haben die Eigenschaft, den durch sie hindurchgehenden Lichtstrahlen eine andere Richtung zu geben, so dass sie die Convergenz oder Divergenz derselben vergrössern oder verkleinern. Sie geben allen durchgehenden Strahlen eine andere Richtung ihres Verlaufs mit Ausnahme des Axenstrahls, welcher jener Strahl ist, der durch die Krümmungsmittelpunkte der Kugelflächen hindurchgeht, mithin in seiner Richtung mit der Axe und dem Einfallslothe zusammenfällt*) und daher nicht gebrochen wird.

Convexlinsen verkleinern die Divergenz und erhöhen die Convergenz durch sie hindurchgehender Lichtstrahlen und heissen auch Sammel — oder positive Linsen.

Lichtstrahlen, welche parallel mit dem Axenstrahle auf die Linse auffallen, vereinigen sich nach ihrem Durchgange in einem auf der Hauptaxe liegenden Punkte, dem *Hauptbrennpunkte.***)

Rückt der *Leuchtpunkt* näher auf der Axe, so entfernt sich der *Vereinigungspunkt* auf der anderen Seite der Linse. Die beiden Punkte heissen *conjugirte Vereinigungspunkte.*

Bei jeder optischen Vorrichtung nemlich stehen die Leuchtpunkte einerseits und ihre Bildpunkte andererseits in einem gewissen constanten Verhältnisse, so dass die *gegenseitige Lage* dieser beiden Punkte unverändert bleibt, wenn sie ihre Rollen vertauschen, nemlich der frühere Bildpunkt zum Leuchtpunkte wird, denn dann befindet sich an der Stelle des früheren Leuchtpunktes der nunmehrige Bildpunkt. Wenn also von einem Punkte a Strahlen ausgehen und durch eine optische Vorrichtung ein Bild desselben im Punkte b entworfen wird, so wird umgekehrt durch dieselbe optische Vorrichtung ein Bild in a erzeugt, wenn an der Stelle von b ein Leuchtobjekt auftritt.

a und b sind conjugirte Brennpunkte und das wichtige Gesetz der conjugirten Brennpunkte ist

*) Fällt nemlich ein Lichtstrahl auf eine gekrümmte Fläche, so verhält sich die letztere in Bezug auf Reflexion und Refraction wie eine durch den Einfallspunkt gelegte Tangentialebene.

**) Zum Unterschiede von den Brennpunkten, welche die Vereinigungspunkte [illegible]strahlen sind die parallel mit einer Nebenaxe auffallen, worüber später.

1) die Summe der reciproken Werthe *) der conjugirten Brennweiten ist gleich dem reciproken Werthe der Hauptbrennweite

$$1/f = 1/a + 1/b$$

und 2) das Verhältniss der conjugirten Brennweiten bleibt ein constantes, ob der Leuchtpunkt auf der einen oder der anderen Seite sich befindet.

Nähert sich der Leuchtpunkt bis auf die Hauptbrennweite, fällt also der *Divergenzpunkt* der Lichtstrahlen mit dem (vorderen) Hauptbrennpunkte der Linse zusammen, so sind die Strahlen nach ihrem Durchtritte mit dem Axenstrahle parallel, sie streben einem in unendlicher Ferne sich befindlichen Vereinigungspunkte zu.

Der Längenabstand des Hauptbrennpunktes vom Hauptpunkte **) der Linse giebt die *Hauptbrennweite* (f').

Wenn der Leuchtpunkt so nahe an die Linse heranrückt, dass er zwischen Hauptbrennpunkt und Linse, also innerhalb der Hauptbrennweite liegt, so sind die Strahlen, welche die Linse treffen, so stark divergent, dass dieselbe nicht mehr im Stande ist, sie convergent oder auch nur parallel zu machen. Sie treten daher divergent aus, allein ihre Divergenz ist nunmehr eine geringere, sie verbreiten sich so, als ob sie von einem Punkte herkämen, der weiter von der Linse absteht, als der leuchtende Punkt, von dem ausgehend sie auf die Linse auffielen.

Wegen dieser für die Optometrie so wichtigen Gesetze seien folgende Beispiele angeführt:

Um Lichtstrahlen, welche von einem 20 Zoll von der Linse entfernten Punkte ausgehen, oder die mit einer Divergenz auffallen, als kämen sie von einem 20 Zoll entfernten Punkte her, *parallel* zu machen, müsste die Convexlinse eine Brennweite von 20 Zoll haben.

Wenn Lichtstrahlen durch eine Linse von + 8 Zoll Brennweite parallel werden, *beweist* diess, dass sie mit einer Divergenz auf dieselbe aufgefallen sind, als wären sie von einem 8 Zoll von ihr entfernten Punkte ausgegangen.

Concavlinsen vermindern die Convergenz und erhöhen die Divergenz, heissen auch Zerstreuungs- oder negative Linsen.

Lichtstrahlen, welche parallel mit der Hauptaxe auf die negative Linse fallen, divergiren nach ihrem Durchtritten so, als kämen sie nicht mehr von dem unendlich entfernten Ausgangspunkte, sondern

---

*) Siehe später.

**) Ueber Hauptpunkte siehe später.

von einem näher gelegenen, imaginären, dem Hauptzerstreuungs- oder *negativen Hauptbrennpunkte.*

Durch den Abstand dieses Punktes vom Hauptpunkte der Linse ist die Länge der Hauptzerstreuungs- oder *negativen Hauptbrennweite* (— f") bestimmt.

Treffen convergente Lichtstrahlen eine Concavlinse in solcher Richtung, dass ihr *Convergenzpunkt* mit dem Hauptzerstreuungspunkte zusammenfallen würde, so werden die Lichtstrahlen gerade so weit zerstreut, dass sie parallel werden; d. h. Lichtstrahlen, welche convergent sind — sich also nach längerem oder kürzerem Verlaufe in ihrem Convergenzpunkte, der in *endlicher* Ferne liegt, vereinigen würden — werden in ihrem Gange durch eine Linse geändert und wenn z. B. 8 Zoll vom Convergenzpunkte entfernt diese Lichtstrahlen eine Linse von — 8 Zoll Brennweite passirten, würden sie nach ihrem Durchtritte so wenig convergent mehr sein, dass sie nach einem in unendlicher Ferne liegenden Punkt gerichtet wären, sie würden parallel sein. Wenn daher Lichtstrahlen durch eine Concavlinse z. B. von — 8" parallel gemacht werden, *beweist* diess, dass sie mit einer Convergenz nach einem 8 Zoll von der Linse entfernten Punkte auf dieselbe aufgefallen sind.

Um ein *Mass* für die lichtbrechende Wirkung — *dioptrische Kraft* — der verschiedenartigen Linsen zu haben, wird eine Linse von ± Ein Zoll Hauptbrennweite als *Normallinse*, zur Vergleichung mit anderen Linsen von mehr oder weniger Hauptbrennweite allgemein angenommen. Daher ist z. B. eine Linse von 8 Zoll Brennweite in ihrer dioptrischen Kraft gleich $^1/_8$, sie hat $^1/_8$ so viel lichtbrechende Wirkung, als die Normallinse von 1 Zoll. Eine Linse von — 20" ist verglichen mit der Normallinse gleich — $^1/_{20}$; sie hat $^1/_{20}$ soviel lichtzerstreuende Wirkung, als eine Linse von — 1 Zoll Brennweite. Mit anderen Worten: Die dioptrische Kraft einer Linse ist ihrer Hauptbrennweite (± f) umgekehrt proportional (± ^{1}/f) *die Brechkraft ist der reciproke Werth der Hauptbrennweite.*

Um daher die Brechkraft einer *Combination* mehrerer Linsen kennen zu lernen, hat man nur den reciproken Werth der Hauptbrennweiten zu summiren, wenn die Distanz der Linsen so gering ist, dass sie nicht in Betracht zu kommen hat, z. B. eine Linse von + 12" combinirt mit einer solchen von + 6", kommt einer Linse von + 4" Brennweite gleich, denn die reciproken Werthe geben $^1/_{12}$ + $^1/_6$=$^1/_4$. Die Combination einer Linse von — 2" mit einer solchen von + 6" wäre gleich einer negativen Linse von — 3" denn

$$-\,{}^1/_2+{}^1/_6 = -\,{}^1/_3 \text{ daher } {}^1/f_1+{}^1/f={}^1/x$$

Wenn aber der Abstand nicht vernachlässigt werden kann, berechnet sich die Wirkung der Combination nach der Formel $^1/f_1 + ^1/(f-n) = ^1/x$

wenn f^1 die Brennweite der ersten Linse (im Sinne der Fortbewegung des Lichts),

f die Brennweite der zweiten Linse,

n die Entfernung von der ersten Linse,

x die Brennweite der Combination bezeichnet.

Jede optische Vorrichtung, Spiegel, Linse u. dgl. giebt von einem Leuchtobjekte ein *Bild.*

Werden nemlich von einem Leuchtpunkte auf eine brechende oder reflektirende Fläche Strahlen gesendet, so empfängt ein hinter dem Brennpunkte sich befindliches Auge, wenn keine Abweichung stattfindet, einen Strahlenkegel, dessen Gipfel in dem wahren oder scheinbaren Brennpunkte liegt.

Man erblickt daher ein Bild des Leuchtpunktes. Kommt das Licht nicht von einem einzigen Punkte, sondern von einem leuchtenden oder erleuchteten Gegenstande, so erblickt man ein Bild jeden Punktes desselben und mithin ein Bild des ganzen Gegenstandes.

1) Wird durch eine optische Vorrichtung die Richtung der von einem Leuchtpunkte ausgehenden Strahlen so geändert und so *divergent* gemacht, dass ihre *Verlängerungen* in einem Punkte zusammentreffen, so verhält sich der durch diese Verlängerungen erzeugte Conus wie ein Strahlenkegel, welcher von einem Lichtpunkte ausgehend, direkt das Auge trifft und wir sehen in seiner Axe, in seinem Scheitelpunkte, ein Bild desjenigen Punktes, von welchem ursprünglich das Licht ausging. Der Punkt, in welchem sich die *Verlängerungen* der Strahlen schneiden, heisst *virtueller Brennpunkt* (virt. Divergenzpunkt).

Das Bild heisst ein *virtuelles* und zwar ein katoptrisches oder dioptrisches, je nachdem es durch Reflexion oder Refraction hervorgebracht ist.

Bei einem *virtuellen* Bilde vereinigen sich also die von einem Leuchtpunkte ausgehenden Lichtstrahlen *nicht* wirklich, aber ihre ursprüngliche Richtung wurde durch die optische Vorrichtung so geändert, dass sie von einer imaginären Lichtquelle herzukommen scheinen, deren Ort da liegt, wo die rückwärts gezogenen Verlängerungen der Lichtstrahlen sich schneiden.

2) *Convergiren* dagegen die von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahlen nach der Reflexion oder Refraction gegen einen einzigen Punkt hin, so divergiren sie wierderum nach ihrem Durchgange durch

diesen Durchschnittspunkt und der von da ab sich ausbreitende Strahlenkegel verhält sich wie ein von einem Leuchtpunkte direkt ausgehender. Trifft derselbe das Auge, so sehen wir in jenem Durchschnittspunkte ein Bild des Lichtpunktes.

Der auf diese Weise erzeugte Durchschnittspunkt heisst *reeller Brennpunkt* (reeller Divergenzpunkt) und das auf solche Weise zu Stande gekommene *Bild* ist ein *reelles,* nemlich ein durch faktische Wiedervereinigung von einem Leuchtpunkte ausgehender Strahlen erzeugtes, leuchtendes Bild.

Die von den Linsen durch Refraction erzeugten Bilder befinden sich entweder auf der entgegengesetzen Seite des positiven Leuchtpunktes in *positiver* Entfernung, oder auf derselben Seite der Linse als eine imaginäre Lichtquelle — ähnlich einem positiven Leuchtpunkte, in *negativer* Entfernung.

Die virtuellen Bilder stehen in Bezug auf das Leuchtobject aufrecht, die reellen dagegen umgekehrt und unterscheiden sich letztere auch noch dadurch, dass sie mit einem Schirme aufgefangen werden können.

Ebenso wie ein leuchtender Punkt verhalten sich auch die Punkte eines leuchtenden und die Punkte eines *erleuchteten* Körpers, dessen Oberfläche nicht vollkommen glatt ist. Fällt nemlich ein Lichtstrahl auf eine unebene Fläche, so verhält sich die letztere in Bezug auf Reflexion und Refraction wie eine durch den Einfallspunkt gelegte Tangentialebene.

Die Richtung des Einfallslothes ist daher fast in jedem Punkte eines nicht vollkommen glatten Körpers eine andere, und wird innerhalb eines sehr kleinen Raumes selbst parallel auffallendes Licht nach allen möglichen Richtungen reflectirt. Von dem Lichte, welches von jeder wahrnehmbaren Stelle divergent ausfährt, muss ein Strahlenkegel in das darauf gerichtete Auge kommen; die Punkte rauher Oberflächen sind desswegen wie leuchtende Punkte sichtbar, und geben unter denselben Bedingungen Bildern ihre Entstehung, unter welchen Lichtpunkte solche liefern.

Es liegen daher die Leuchtpunkte eines Gegenstandes — wenn man von der sphärischen Aberration absieht oder nur unter sehr kleinen Winkeln auffallende Lichtstrahlen berücksichtigt — auch im Bilde in einer zur Axe senkrechten, wenn sie im Gegenstande in einer zur Axe senkrechten Linie liegen.

Unter *sphärischer Aberration* versteht man die Abweichung von der punktuellen Vereinigung und zwar giebt die Differenz der Brennweite der Centralstrahlen und der Brennweite der äussersten Rand-

strahlen die *sphärische Längenabweichung;* während die Entfernung des Brennpunktes der Centralstrahlen von demjenigen Punkte, in welchem die auf der Axe in dem genannten Punkte errichtete Senkrechte die äussersten Randstrahlen trifft, die *sphärische Seitenabweichung* anzeigt.

Die optischen Erscheinungen, welche sowohl durch eine einzige Linse als durch ein System von mehreren brechenden Körpern hervorgebracht werden, hängen ab:

1) vom Brechungsverhältnisse,

2) von der Lage und

3) von den Halbmessern der brechenden Flächen.

Eine optische Vorrichtung mit *mehr* als Einer brechenden Fläche ist *centrirt*, wenn sie eine Hauptaxe hat, d. h. wenn die Krümmungsmittelpunkte aller brechenden Flächen in einer geraden Linie liegen.

Ein jedes solches zusammengesetzes System hat drei Paare von Punkten, die in gewissen unveränderlichen Beziehungen zu einander stehen, die sogenannten *optischen Cardinalpunkte* *). Die Kenntniss ihrer gegenseitigen Lage genügt zur Berechnung seiner lichtbrechenden Wirkung d. h. der *Lage und Grösse* der durch dasselbe erzeugten Bilder.

Diese Cardinalpunkte liegen auf der Hauptaxe und können durch Berechnung und durch Construction, welche nach allgemeinen Gesetzen der Refraction vorzunehmen ist, gefunden werden.

Um die dioptrischen Wirkungen eines Systems berechnen zu können, muss es 1) centrirt sein, 2) müssen nur Lichtstrahlen, welche mit der Hauptaxe sehr kleine Winkel machen, in Betracht kommen 3) müssen die Brechungsindexe der Medien, 4) die Krümmungsmittelpunkte und Radien der brechenden Flächen bekannt sein.

Die Seite, auf welcher der Leuchtpunkt oder das Leuchtobjekt liegt, die Seite also, von welcher das Licht kommt, wird als vordere oder erste bezeichnet, im Gegensatze zur hinteren oder zweiten Seite.

Die Paare der Cardinalpunkte sind

1) die Hauptbrennpunkte,

2) die Knotenpunkte,

3) die Hauptpunkte.

Der vordere Hauptbrennpunkt ist jener auf der Hauptaxe liegende Punkt, von dem die Lichtstrahlen ausgehen müssen, um

---

*) Näheres im Handbuche der physiologischen Optik von *Helmholtz*. Leipzig, 1867.

nach ihrer letzten Berechnung durch das optische System mit der Hauptaxe parallel zu sein.

Der hintere Hauptbrennpunkt ist der Vereinigungspunkt parallel mit der Hauptaxe auf das System auffallender Lichtstrahlen.

Allen einfallenden Lichtstrahlen, die durch den vorderen Hauptbrennpunkt gehen, entsprechen also austretende, die mit der Axe parallel sind; einfallenden hingegen, die mit der Axe parallel sind, entsprechen ausfahrende, die im hinteren Hauptbrennpunkte sich kreuzen.

Da durch eine optische Vorrichtung mit mehr als Einer brechenden Fläche und mehr als Einem Krümmungsmittelpunkte *) alle durchgehenden Lichtstrahlen mit Ausnahme des Axenstrahls eine Aenderung ihres Verlaufs erleiden, so haben solche Systeme keine Neben-Axen im mathematischen Sinne.

Unter *Nebenaxe* versteht man eine Gerade, welche von einem nicht auf der Hauptaxe liegenden Leuchtpunkte durch den Krümmungsmittelpunkt hindurchgeht und werden alle Lichtstrahlen, die mit einer solchen Nebenaxe zusammenfallen, nicht gebrochen, da ihre Richtung auch mit dem Einfallslothe zusammenfällt.

Diess ist bei allen einfachen optischen Vorrichtungen der Fall. Anders verhält es sich bei den zusammengesetzten Systemen. Bei diesen muss ein Lichtstrahl von einem nicht auf der Hauptaxe liegenden Leuchtpunkte ausgehend, vor der ersten Brechung auf den vorderen Knotenpunkt gerichtet sein, wenn er durch den (idealen) optischen Mittelpunkt gelangen soll und wird nach der letzten Brechung von dem hinteren Knotenpunkte herzukommen scheinen. Der eintretende und der austretende Strahl sind dann zu einander parallel, die beiden Knotenpunkte aber sind die Bilder des optischen Mittelpunkts, d. h. wenn ein Leuchtpunkt im optischen Centrum sich befinden würde, würde ein Auge in der Richtung des einfallenden Strahls das Bild des Leuchtpunktes im vorderen oder in der Richtung des ausfallenden Strahls nach rückwärts sein Bild im hinteren Knotenpunkte wahrnehmen.

Zur Auffindung der Knotenpunkte sind daher zwei Punkte zu bestimmen, welche zu einander in dem Verhältnisse stehen, dass jeder Strahl, welcher vor der ersten Brechung auf den vorderen Punkt ge-

*) Desswegen werden auch bei einer convex—concaven Linse, deren Krümmungsoberflächen Einen gemeinsamen Mittelpunkt haben, alle in der Richtung einer Nebenaxe einfallenden Lichtstrahlen nicht gebrochen und hat eine solche Linse einen optischen Mittelpunkt, durch welchen alle nach ihm gerichteten Strahlen ungebrochen durchgehen, d. h. Einen Knotenpunkt.

ichtet war, nach der letzten Brechung *parallel* mit seiner ursprüng-chen Richtung so weiter geht, als käme er von dem hinteren Punkte er. Punkte, die diesen Bedingungen entsprechen, heissen die *Kno-npunkte* und es giebt in jedem optischen Systeme nur ein einziges aar solcher Punkte.

Die durch die Knotenpunkte senkrecht gegen die optische Axe legten Ebenen heissen *Knotenebenen.*

Da die im ersten Knotenpunkte sich schneidenden Lichtstrahlen ch der letzten Brechung auch im zweiten sich schneiden, so ist der weite das Bild des ersten.

Die zu ihnen gehörigen Brennweiten verhalten sich umgekehrt ie die Brechungsverhältnisse des ersten und letzten Mediums und verhalten sich auch die Liniendimensionen ihrer Bilder.

Lichtstrahlen, deren Richtung mit einer Nebenaxe zusammenfällt der in zusammengesetzten Systemen die durch die Knotenpunkte ehenden Strahlen heissen *Hauptstrahlen.*

Bei einer optischen Vorrichtung mit einer einzigen brechenden Fläche liegt in der Oberfläche derselben der *Hauptpunkt* als ein Punkt, auf den ein vor der Brechung gerichteter Lichtstrahl auch nach der Brechung gerichtet ist. Handelt es sich aber um ein zusammen-gesetztes System, in welchem also ein durchtretender Lichtstrahl mehr als einer Brechung unterworfen ist, so hat er nach der letzten Brech-ung eine Richtung nach einem anderen Punkte als dem, wo er seine rste Brechung erlitt. Es hat aber jedes optische System zwei und ur 2 zusammengehörige Vereinigungspunkte der Lichtstrahlen, n denen die Grösse eines auf der Axe senkrechten ebenen Bildes der des angehörigen Gegenstandes gleich wird. Die Ebene eines sol-chen Objekts ist die erste und die des zugehörigen Bildes die zweite Hauptebene des Systems, die beiden Punkte aber, wo sie die optisch. Axe schneiden, sind beziehungsweise der *erste* und *zweite Hauptpunkt.*

Es können also zwei zur Axe senkrechte Ebenen gefunden wer-den, die in einem constanten Verhältnisse zu einander stehen, so dass jeder Strahl nach der letzten Brechung von einem Punkte der hinteren Ebene herzukommen scheint, welcher einem Punkte der vorderen Ebene entspricht, auf den der einfallende Strahl vor seiner Brechung gerichtet war, so dass diese beiden Punkte gleich weit von der Hauptaxe entfernt sind. Es müssen desshalb durch Construction der Berechnung zwei Ebenen ermittelt werden, die gleiche Grösse aben und auf derselben Seite der Axe liegen; oder es ist zu be-

stimmen, in welcher Lage ein Objekt sich befinden muss, um auf beiden Seiten gleich grosse und gleichgerichtete Bilder zu entwerfen, die also auch Bilder von einander sind und die Hauptebenen repräsentiren.

Der Abstand des vorderen Hauptbrennpunktes vom vorderen Hauptpunkte giebt die Länge der vorderen Hauptbrennweite und ein gleiches Verhältniss gielt für die hintere Hauptbrennweite. Sie wird *positiv* gerechnet, wenn der erste Hauptpunkt im Sinne der Fortbewegung des Lichts *hinter* dem ersten Hauptbrennpunkte liegt.

Statt Hauptbrennweite wird gewöhnlich kurzweg die Bezeichnung Brennweite gebraucht. Strenge genommen ist die Brennweite durch die Lage der *Brennpunkte* bestimmt, welche durch Vereinigung parallel mit den Nebenaxen beziehungsweise mit den von den Knotenpunkten ausgehenden Geraden auf die optische Vorrichtung gefallen sind. Legt man senkrecht zur Axe Ebenen durch die Hauptbrennpunkte, so erhält man die *Brennebenen*. Lichtstrahlen, welche von einem Punkte der ersten Brennebene ausgegangen sind, sind nach der Brechung unter einander parallel und da der vom leuchtenden Punkte nach dem ersten Knotenpunkte gerichtete Strahl nach der Brechung seiner ursprünglichen Richtung parallel ist, so müssen alle Strahlen, die von einem leuchtenden Punkte in der ersten Brennebene ausgegangen sind, nach der Brechung mit den vom hinteren Knotenpunkte kommenden Strahlen parallel sein.

Unter den *constanten Beziehungen* der Cardinalpunkte sind die bemerkenswerthesten:

1) die Entfernung des vorderen Knotenpunktes vom vorderen Hauptbrennpunkte ist gleich der hinteren Hauptbrennweite,

2) die Entfernung des hinteren Knotenpunktes vom hinteren Hauptbrennpunkte ist gleich der vorderen Hauptbrennweite,

3) der Abstand der beiden Hauptpunkte ist gleich dem Abstand der beiden Knotenpunkte,

4) die beiden Hauptbrennweiten sind den Brechungsexponenten des vorderen und hinteren Mediums proportional.

Bei einer Linse, die vorne und hinten von demselben Medium umgeben ist, fallen demnach die Haupt- und Knotenpunkte zusammen.

Die Kenntniss der Lage der Knotenpunkte, welche in Relation zu den Nebenaxen stehen, ist nothwendig zur Berechnung der Grösse der Bilder eines Objekts.

Die Kenntniss der Lage der Hauptpunkte, welche in Beziehung r Hauptbrennweite und zu den conjugirten Brennweiten stehen, ist thwendig zur Bestimmung der Lage der Bilder.

Die Berücksichtigung der Lage der Cardinalpunkte ist nicht zu rnachlässigen, wenn es sich um mathematische Genauigkeit handelt. Venn aber diess nicht der Fall ist, kann man bei Berechnung der rössenverhältnisse, z. B. bei Linsenbildern, nur einen einzigen Knonpunkt in Betracht nehmen, nemlich den der kürzeren Brennweite tsprechenden.

Die Grösse der Bilder berechnet sich nach der Formel

$$B : b = Bk^1 : bk^2$$

wenn B die Grösse des Objekts,
b die des Bildes,
Bk^1 die Entfernung des Objekts vom vorderen Knotenpunkte,
bk^2 die Entfernung des Bildes vom hinteren Knotenpunkte bezeichnet.

Die Lage der Bilder berechnet sich nach der Formel

$$1/f = 1/a + 1/b$$

wenn f die Hauptbrennweite,
a die Entfernung des Leuchtobjekts vor der Linse,
b die Entfernung des Bildes bezeichnet.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1. Durchschnitt des Ophthalmophantom in halber natürlicher Grösse.

Tafel 2. Einzelne Theile des Apparats:

Nro. 1. Durchschnitt des inneren verschiebbaren Cylinders mit Bildkästchen und

2. Vordere Ansicht desselben.

3. Durchschnitt des Bildkästchen und

4. Hintere Ansicht desselben.

5. Aeusserer Cylinder, welcher von dem Statife getragen wird.

6. Durchschnitt und

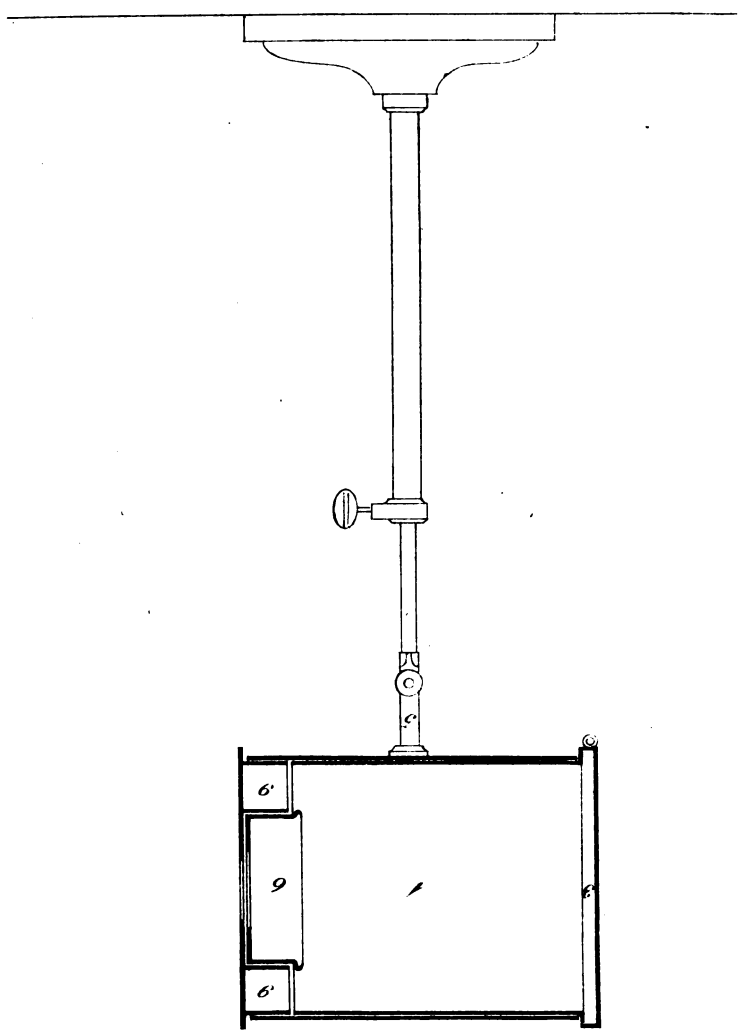
7. Ansicht der Vorrichtung zum Fixiren der eingelegten Linsengläser.

8. Ansicht und

9. Durchschnitt des vorderen Verschlusses am äusseren Cylinder.

Anmerkung. Die Jäger'schen ophthalmoscopischen Tafeln werden nach de Grösse des Bildkästchens geschnitten. Um die Bilder, ohne dass sie Schade leiden, aufbewahren zu können, bedeckt man ihre Bildseite zum Schutze gege Reibung mit einem entsprechend grossen feinen Papier, welches an der Rückseit des Bildes mit Kleister angeklebt ist. Auf dieses Papier qualificirt man durc Nummer und Aufschrift das betreffende Bild. Beim Gebrauche wird das Schutzpapier auf die Rückseite des Bildes zurückgelegt.

Wer den Atlas in der bezeichneten Art nicht theilen will, stellt den Appara mit geöffnetem hinteren Verschluss an den durch irgend eine leicht zu beschaf fende Vorrichtung aufgestellten Atlas resp. des betreffende Bild desselben so ar dass Letzteres in das Lumen des Apparats zu stehen kommt und seitwärts kei Licht einfallen kann.


6'
9
1
6
6'